



**MONITORING TUTUPAN LAHAN DAERAH PERTAMBANGAN
SAWAHLUNTO DENGAN MENGAPLIKASIKAN METODE
KLASIFIKASI *SUPERVISED* DAN INDEKS VEGETASI
PADA CITRA LANDSAT TAHUN 2000-2016**

SKRIPSI

Oleh

**Yazella Feni Frahma
NIM 131810201039**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**MONITORING TUTUPAN LAHAN DAERAH PERTAMBANGAN
SAWAHLUNTO DENGAN MENGAPLIKASIKAN METODE
KLASIFIKASI *SUPERVISED* DAN INDEKS VEGETASI
PADA CITRA LANDSAT TAHUN 2000-2016**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

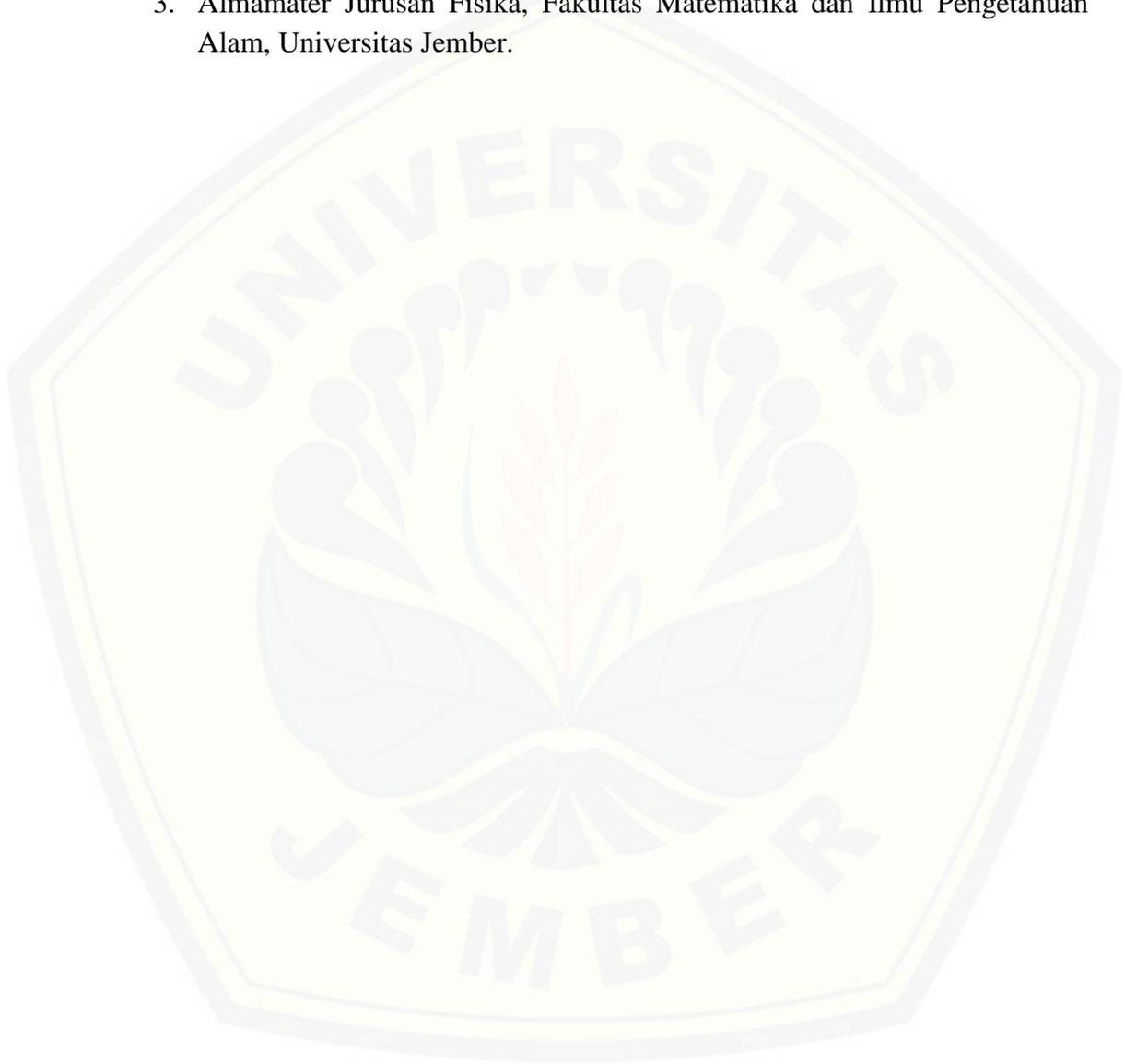
**Yazella Feni Frahma
NIM 131810201039**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

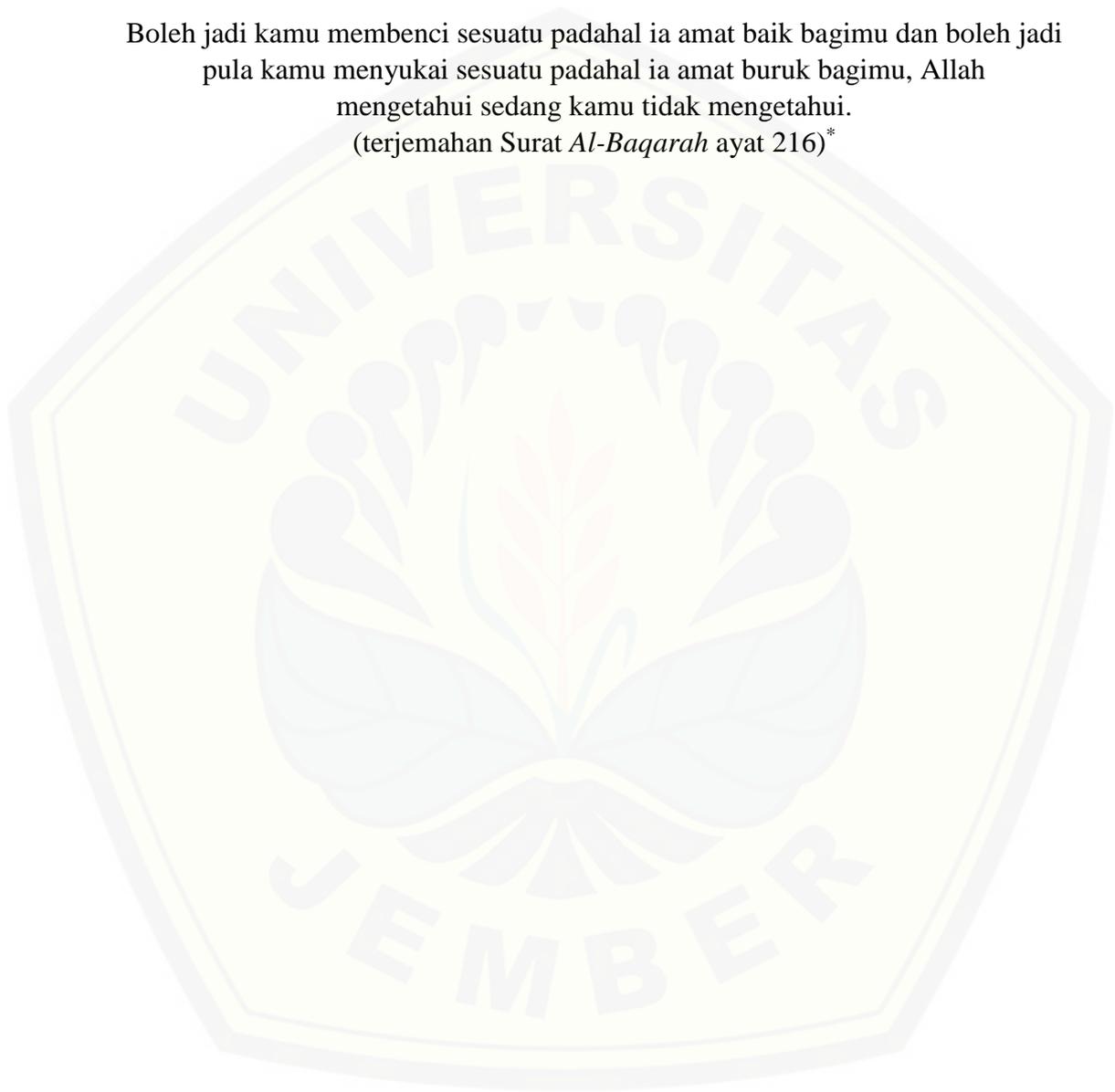
Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta ibu Yaorani dan ayah Eli Supiyono;
2. Guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.



MOTTO

Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui.
(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 216)*



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudarsono Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yazella Feni Frahma

NIM : 131810201039

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Monitoring Tutupan Lahan Daerah Pertambangan Sawahlunto dengan Mengaplikasikan Metode Klasifikasi *Supervised* dan Indeks Vegetasi Pada Citra Landsat Tahun 2000-2016” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, November 2017

Yang menyatakan,

Yazella Feni Frahma

NIM 131810201039

SKRIPSI

**MONITORING TUTUPAN LAHAN DAERAH PERTAMBANGAN
SAWAHLUNTO DENGAN MENGAPLIKASIKAN METODE
KLASIFIKASI *SUPERVISED* DAN INDEKS VEGETASI
PADA CITRA LANDSAT TAHUN 2000-2016**

Oleh

**Yazella Feni Frahma
NIM 131810201039**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Monitoring Tutupan Lahan Daerah Pertambangan Sawahlunto dengan Mengaplikasikan Metode Klasifikasi *Supervised* Dan Indeks Vegetasi Pada Citra Landsat Tahun 2000-2016”, karya Yazella Feni Frahma telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas MIPA Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 19720210 199802 1 001

Anggota II,

Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.

NIP. 19681219 199402 1 001

Anggota III,

Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.

NIP 19720820 199802 1 001

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620311 198702 1 001

Mengesahkan

Dekan FMIPA Universitas Jember,

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP 19610204 198711 1 001

RINGKASAN

Monitoring Tutupan Lahan Daerah Pertambangan Sawahlunto dengan Mengaplikasikan Metode Klasifikasi *Supervised* dan Indeks Vegetasi Pada Citra Landsat Tahun 2000-2016; Yazella Feni Frahma, 131810201039; 2017; 91 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kota Sawahlunto merupakan daerah yang terkenal dengan pertambangan batu bara. Aktifitas pertambangan batu bara sudah dilakukan sejak lama. Puluhan juta ton batu bara telah dihasilkan dari daerah tersebut. Tahun 2010 terdapat setidaknya 10 perusahaan tambang yang telah beroperasi. Apabila semakin lama kegiatan pertambangan tersebut berjalan maka akan semakin merusak ekosistem hutan dan secara otomatis akan mengubah jenis tutupan lahan yang ada di sana. Kurangnya informasi mengenai adanya perubahan tutupan lahan dari tahun 2000 sampai 2016 menjadi salah satu faktor diperlukannya suatu monitoring maupun pemetaan perubahan tutupan lahan yang ada di Kota Sawahlunto.

Tujuan dari penelitian ini adalah memantau atau memonitor tutupan lahan Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016, dengan cara mengklasifikasikan jenis tutupan lahan menjadi 4 kelas yakni hutan, tambang, pemukiman dan air sehingga didapatkan informasi mengenai luas setiap jenisnya. Serta mengetahui tingkat akurasi yang dihasilkan dari proses klasifikasi. Setelah dilakukan klasifikasi maka selanjutnya adalah mengetahui tingkat kehijauan vegetasinya untuk pemantauan kondisi hutan yang ada di Kota Sawahlunto.

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode klasifikasi *supervised* dan indeks vegetasi. Metode klasifikasi *supervised* memerlukan suatu training area untuk setiap kelas yang akan dijadikan *sample* dalam proses klasifikasi. Terdapat empat kelas klasifikasi yang digunakan yakni hutan, tambang, pemukiman dan air. Metode indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Vegetation Index Differencing* (VIDN) digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan vegetasinya. Nilai NDVI dan VIDN didapat dari band *red* dan band *near infrared*. Karena kedua panjang gelombang ini

mempunyai karakteristik yang bisa membedakan antara obyek vegetasi dan non vegetasi. Pada penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh berbasis data citra satelit landsat 5 dan 8 yang harus dilakukan proses koreksi radiometrik terlebih dahulu sebelum diolah.

Hasil penelitian ini diperoleh luasan untuk jenis hutan dari tahun 2000 sampai 2016 mengalami penurunan. Pada tahun 2000 luas hutan sebesar 56.064.600 m² sedangkan pada tahun 2016 menjadi 48.359.700 m². Luas tutupan lahan jenis tambang tahun 2000 hanya sebesar 5.637.600 m² dan tahun 2016 bertambah menjadi 8.700.300 m². Terjadi laju pengurangan lahan hutan dari tahun 2000 sampai 2006 sebesar 126.900 m²/tahun, dari tahun 2006 sampai 2011 sebesar 1.051.920 m²/tahun, dari tahun 2011 sampai 2016 sebesar 336.780 m²/tahun. Hasil pengujian *overall* akurasi untuk klasifikasi *supervised* adalah 91,67%, 92,49%, 93,69% dan 93,74%. Hasil klasifikasi yang diperoleh pada penelitian ini akurat karena menurut Catur *et al* (2015) apabila hasil *overall* akurasi yang didapat lebih dari 85% maka sudah dapat dikatakan akurat. Untuk mengetahui tingkat kehijauan yang ada di Kota Sawahlunto maka dihasilkanlah nilai NDVI maksimum dari tahun 2000 sampai 2016 berurutan-turut adalah 0.773; 0.712; 0.674 dan 0.561. Berdasarkan nilai maksimum NDVI tersebut maka tingkat kehijauan vegetasi yang ada di Kota Sawahlunto semakin menurun. Penurunan tingkat kehijauan vegetasi ini mengidentifikasi bahwa ada perubahan tutupan lahan hutan. Pada tahun 2000 tingkat kehijauan vegetasinya masih tinggi seiring dengan aktifitas pertambangan maka tingkat kehijauan vegetasi menurun. Padahal dengan penurunan tingkat kehijauan vegetasi yang ada di Kota Sawahlunto akan menimbulkan dampak bagi lingkungan sekitarnya. Perubahan tutupan lahan juga ditandai dengan warna biru pada hasil pengurangan dua nilai NDVI beda waktu atau biasa disebut dengan VIDN.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Monitoring Tutupan Lahan Daerah Pertambangan Sawahlunto dengan Mengaplikasikan Metode Klasifikasi *Supervised* dan Indeks Vegetasi Pada Citra Landsat Tahun 2000-2016”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si., dan Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan kritik dan saran untuk penulisan skripsi ini;
3. Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
5. Teman-temanku Jurusan Fisika angkatan 2013 yang tercinta;
6. Teman-temanku LPMM ALPHA dan PAMADIKSI yang telah memberikan banyak pelajaran berharga dan membuat penulis menjadi lebih bermanfaat;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kondisi Geografis Kota Sawahlunto	5
2.2 Tutupan Lahan	5
2.3 Penginderaan Jauh	6
2.4 Teori Gelombang Elektromagnetik	9
2.5 Jendela Atmosfer	13
2.6 Citra Satelit	17
2.6.1 Citra Landsat.....	17
2.6.2 Resolusi Citra Landsat	20
2.6.3 Koreksi Citra.....	22
2.7 Klasifikasi	22
2.7.1 Klasifikasi <i>Unsupervised</i>	22
2.7.2 Klasifikasi <i>Supervised</i>	23

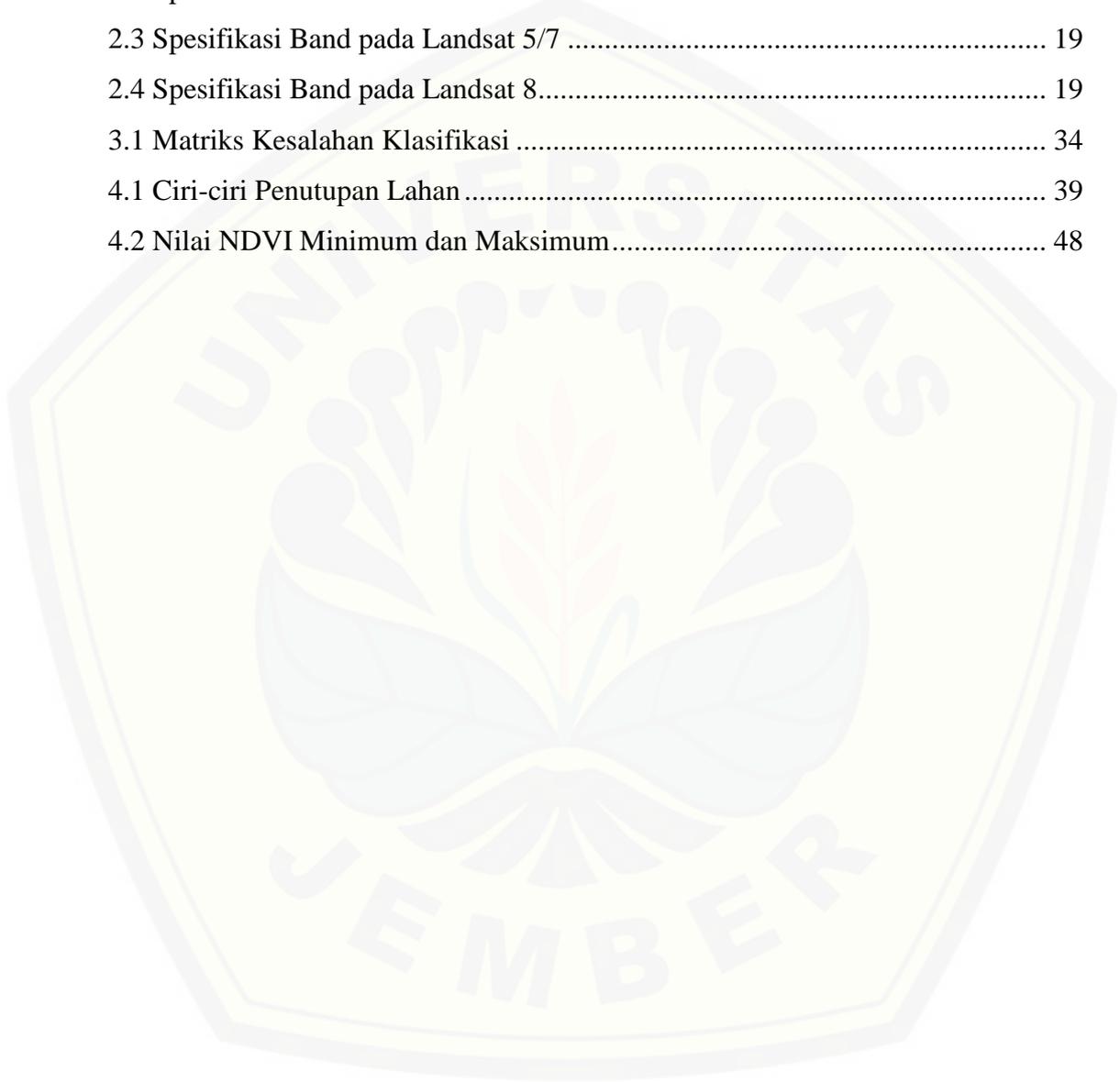
2.8 Indeks Vegetasi.....	23
2.8.1 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	24
2.8.2 <i>Vegetation Index Differencing</i>	25
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Rancangan Penelitian	26
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	28
3.3 Operasional Variabel.....	29
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah	29
3.5 Prosedur Penelitian.....	31
3.5.1 Tahap Persiapan	31
3.5.2 Tahap Pengolahan.....	32
3.6 Metode Analisis Data	33
3.6.1 Perubahan Tutupan Lahan	33
3.6.2 Pengujian Akurasi.....	33
3.6.3 Nilai Indeks Vegetasi.....	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Koreksi Radiometrik	35
4.2 Klasifikasi Tutupan Lahan	38
4.2.1 Training Area	39
4.2.2 Hasil Klasifikasi <i>Supervised</i>	41
4.2.3 <i>Overall Accuracy</i> Hasil Klasifikasi <i>Supervised</i>	43
4.2.4 Hasil Luas Klasifikasi	43
4.3 Tingkat Kehijauan	45
4.3.1 Nilai <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	45
4.3.2 Nilai <i>Vegetation Index Differencing</i> (VIDN)	49
BAB 5. PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sistem Sensor	7
2.2 Skema Prinsip Penginderaan Jauh	8
2.3 Gelombang Elektromagnetik	10
2.4 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	11
2.5 Jendela Atmosfer.....	13
2.6 Interaksi antara Gelombang Elektromagnetik dengan Atmosfer	14
2.7 Kurva Pantulan.....	15
2.8 <i>Digital Number</i> pada Citra Satelit (Sumber: Sutanto,1994)	21
2.9 Baris dan Kolom pada Data Citra Satelit (Sumber: Sutanto,1994).....	21
2.10 Pola Penyerapan Vegetasi (Sumber: Sutanto, 1994).....	24
3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian.....	26
3.2 Kerangka Pemecahan Masalah	30
4.1 Citra Landsat <i>Full Scene</i>	36
4.2 Citra landat sebelum dikoreksi radiometrik	37
4.3 Citra landsat sesudah dikoreksi radiometrik	38
4.4 Training area untuk hutan dan tambang.....	40
4.5 Salah satu hasil klasifikasi <i>supervised</i>	41
4.6 Data citra dari <i>Google Earth</i>	42
4.7 Diagram batang luasan hasil klasifikasi <i>supervised</i>	44
4.8 Citra NDVI.....	47
4.9 Citra landsat	47

DAFTAR TABEL

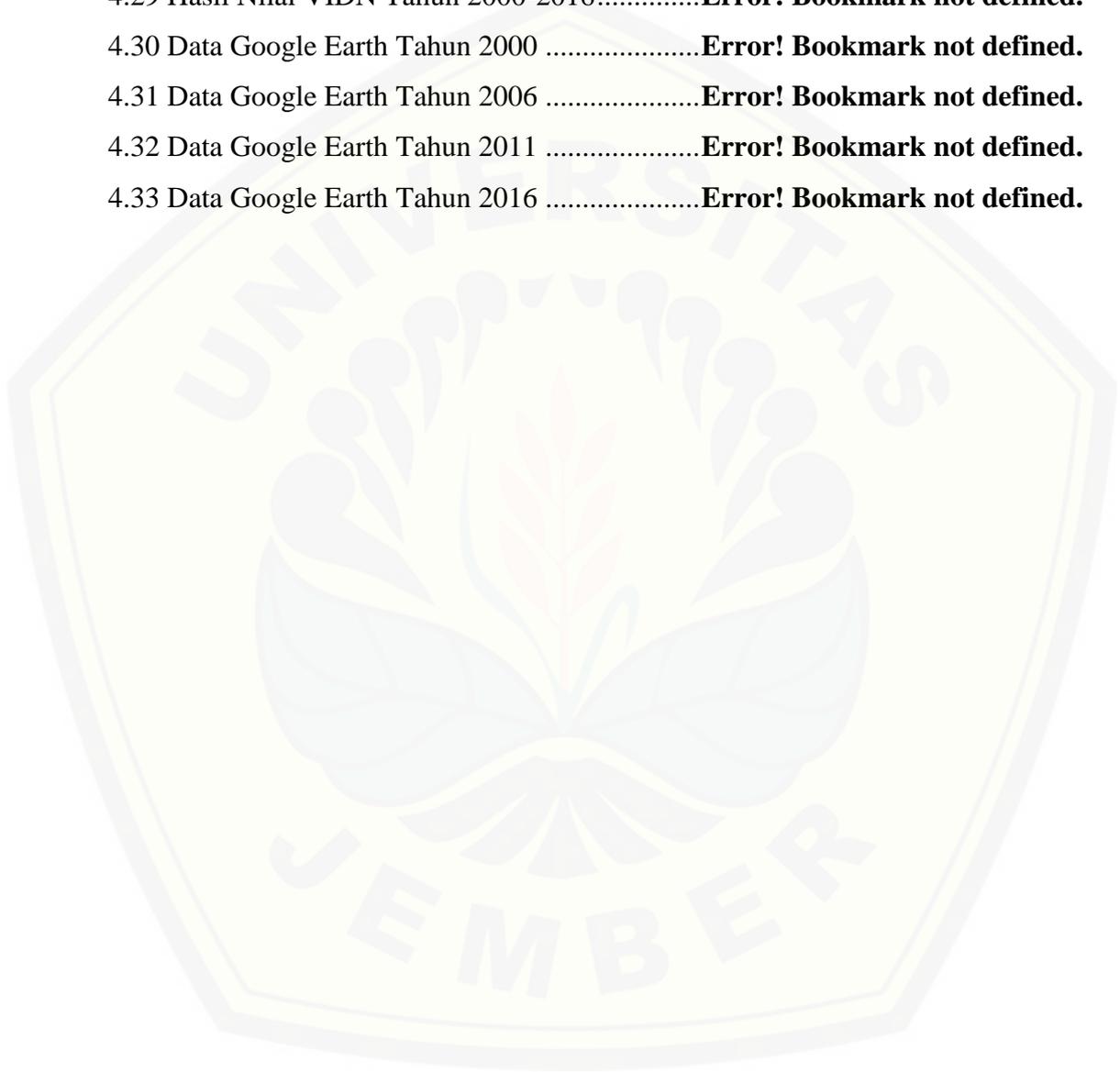
	Halaman
2.1 Spektrum Elektromagnetik.....	12
2.2 Spesifikasi Peluncuran Landsat	18
2.3 Spesifikasi Band pada Landsat 5/7	19
2.4 Spesifikasi Band pada Landsat 8.....	19
3.1 Matriks Kesalahan Klasifikasi	34
4.1 Ciri-ciri Penutupan Lahan	39
4.2 Nilai NDVI Minimum dan Maksimum.....	48



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Metadata Landsat Tahun 2000	Error! Bookmark not defined.
4.2 Metadata Landsat Tahun 2006	Error! Bookmark not defined.
4.3 Metadata Landsat Tahun 2011	Error! Bookmark not defined.
4.4 Metadata Landsat Tahun 2016	Error! Bookmark not defined.
4.5 Citra Landsat Tahun 2000 Terkoreksi Radiometrik	Error! Bookmark not defined.
defined.	
4.6 Citra Landsat Tahun 2006 Terkoreksi Radiometrik	Error! Bookmark not defined.
defined.	
4.7 Citra Landsat Tahun 2011 Terkoreksi Radiometrik	Error! Bookmark not defined.
defined.	
4.8 Citra Landsat Tahun 2016 Terkoreksi Radiometrik	Error! Bookmark not defined.
defined.	
4.9 Hasil Klasifikasi Citra Tahun 2000	Error! Bookmark not defined.
4.10 Hasil Klasifikasi Citra Tahun 2006	Error! Bookmark not defined.
4.11 Hasil Klasifikasi Citra Tahun 2011	Error! Bookmark not defined.
4.12 Hasil Klasifikasi Citra Tahun 2016	Error! Bookmark not defined.
4.13 Hasil Luasan Tahun 2000	Error! Bookmark not defined.
4.14 Hasil Luasan Tahun 2006	Error! Bookmark not defined.
4.15 Hasil Luasan Tahun 2011	Error! Bookmark not defined.
4.16 Hasil Luasan Tahun 2016	Error! Bookmark not defined.
4.17 Grafik Laju Perubahan Hutan	Error! Bookmark not defined.
4.18 Confusion Matrix Tahun 2000	Error! Bookmark not defined.
4.19 Confusion Matrix Tahun 2006	Error! Bookmark not defined.
4.20 Confusion Matrix Tahun 2011	Error! Bookmark not defined.
4.21 Confusion Matrix Tahun 2016	Error! Bookmark not defined.
4.22 Hasil Nilai NDVI Tahun 2000	Error! Bookmark not defined.
4.23 Hasil Nilai NDVI Tahun 2006	Error! Bookmark not defined.
4.24 Hasil Nilai NDVI Tahun 2011	Error! Bookmark not defined.

4.25 Hasil Nilai NDVI Tahun 2016	Error! Bookmark not defined.
4.26 Hasil Nilai VIDN Tahun 2000-2006.....	Error! Bookmark not de
4.27 Hasil Nilai VIDN Tahun 2006-2011	Error! Bookmark not defined.
4.28 Hasil Nilai VIDN Tahun 2011-2016.....	Error! Bookmark not defined.
4.29 Hasil Nilai VIDN Tahun 2000-2016.....	Error! Bookmark not defined.
4.30 Data Google Earth Tahun 2000	Error! Bookmark not defined.
4.31 Data Google Earth Tahun 2006	Error! Bookmark not defined.
4.32 Data Google Earth Tahun 2011	Error! Bookmark not defined.
4.33 Data Google Earth Tahun 2016	Error! Bookmark not defined.



BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini memaparkan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan serta manfaat peneliti melakukan penelitian tentang tutupan lahan yang ada di daerah pertambangan Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat berbasis citra landsat dari tahun 2000 sampai 2016.

1.1 Latar Belakang

Kota Sawahlunto terletak di Provinsi Sumatera Barat yang merupakan salah satu daerah penghasil tambang batu bara tertua di Indonesia karena aktifitas pertambangan batu bara yang sudah dilakukan sejak dulu. Pada tahun 2010 setidaknya terdapat sepuluh perusahaan tambang batu bara yang telah beroperasi di Kota Sawahlunto. Kota Sawahlunto memiliki luas 273,45 km² dan lebih dari 27 persennya merupakan kawasan perbukitan yang ditutupi oleh hutan lindung dan termasuk ke dalam daerah Bukit Barisan (Badan Pusat Statistik, 2015). Dikarenakan adanya kegiatan pertambangan batu bara tersebut, telah mengubah kondisi tutupan lahan yang semula ditutupi oleh beragam ekologi menjadi suatu daerah terbuka pertambangan batu bara. Apabila semakin lama kegiatan pertambangan tersebut berjalan maka akan semakin merusak ekosistemnya. Luas lahan pertambangan batu bara semakin lama akan semakin bertambah sedangkan luas hutannya akan semakin berkurang dan secara otomatis akan mempengaruhi tingkat kerapatan vegetasi yang ada di kota Sawahlunto. Apabila hal ini terus menerus dibiarkan maka akan berdampak pada lingkungan di Kota Sawahlunto itu sendiri.

Karena adanya perubahan tutupan lahan di Kota Sawahlunto dari yang semula tingkat ekologinya tinggi atau dapat dikatakan bahwa tingkat vegetasi lebat menjadi suatu daerah pertambangan batu bara maka penulis mempunyai suatu gagasan mengenai deteksi perubahan obyek permukaan bumi yakni monitoring tutupan lahan daerah pertambangan Kota Sawahlunto. Ditambah lagi dengan sedikitnya informasi yang memuat mengenai perubahan tutupan lahan di Kota Sawahlunto itu sendiri. Deteksi perubahan obyek permukaan bumi

khususnya monitoring tutupan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan suatu teknologi penginderaan jauh. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk monitoring tutupan lahan telah berkembang dengan baik tetapi tetap terjadi kecenderungan akan peningkatan kebutuhan informasi yang lebih detail. Teknologi penginderaan jauh merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi tentang obyek di permukaan bumi dengan cara menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek yang dikaji. Perolehan data mengenai obyek tersebut dapat menggunakan sebuah alat jarak jauh misalnya satelit, pesawat angkasa, dan sebagainya.

Menurut Lillesand dan Kiefer (2000) ada beberapa cara yang digunakan dalam teknologi penginderaan jauh untuk deteksi perubahan obyek permukaan bumi atau monitoring tutupan lahan, yang pertama adalah menganalisis perubahan yang terjadi dengan mengetahui tingkat kehijauan atau indeks vegetasinya. Indeks vegetasi merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menganalisa keadaan vegetasi dari suatu wilayah. Selanjutnya untuk monitoring tutupan lahan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh adalah klasifikasi. Hasil klasifikasi ini akan menunjukkan informasi mengenai jenis tutupan lahan yang ada di permukaan bumi.

Penelitian sebelumnya yang membahas mengenai metode indeks vegetasi adalah Sudiana dan Diasmara (2008). Mereka melakukan analisa keadaan vegetasi di Pulau Kalimantan menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Enhanced Vegetation Index* (EVI). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2005 dan 2006, indeks vegetasi di Pulau Kalimantan berada di sekitar $EVI=0,4$ sedangkan pada tahun 2007 indeks EVI bernilai $>0,4$ bahkan hampir mendekati 0.5.

Penelitian lain dengan menggunakan klasifikasi juga telah dilakukan oleh beberapa orang. Januar dan Indarto (2011) melakukan penelitian mengenai klasifikasi tutupan lahan dengan memanfaatkan data citra satelit *Systeme Pour l'Observation de la Terre* (SPOT) di daerah Bendungan Sampean Bondowoso.

Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terdapat sembilan kelas jenis tutupan lahan dengan tingkat akurasi yang dihasilkan sebesar 84,21 persen.

Catur, *et al* (2015) melakukan penelitian mengenai identifikasi lahan tambang timah menggunakan metode klasifikasi *supervised* dengan memanfaatkan data citra satelit *Land Satelite* (LANDSAT). Dari penelitian yang dilakukan ini, diperoleh ciri-ciri lahan tambang timah pada citra landsat 8 yakni mempunyai warna coklat terang sampai putih cerah, tekstur kasar, mengikuti pola sungai, memiliki ukuran lahan yang luas dan terdapat kubangan air yang berwarna biru. Tingkat akurasi yang dihasilkan dari penelitian tersebut adalah 90,5 persen.

Muchlisin, *et al* (2016) juga melakukan penelitian mengenai klasifikasi tutupan lahan tetapi dengan menggunakan data citra satelit *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) di daerah Jawa Barat. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa data citra satelit ALOS dapat mengklasifikasikan menjadi lima jenis tutupan lahan yakni *made object* seluas 38.077 ha; lahan terbuka 29.236 ha; air 13.985 ha; vegetasi jarang 42.988 ha dan vegetasi rapat 70.821 ha.

Pada penelitian ini, penulis melakukan monitoring tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi *supervised* dan indeks vegetasi. Klasifikasi *supervised* dilakukan berdasarkan empat kelas tutupan lahan yang dominan di daerah pertambangan Kota Sawahlunto yakni kelas hutan, tambang, pemukiman serta air. Untuk mengetahui tingkat kehijauan vegetasi yang ada di sana digunakanlah metode indeks vegetasi yakni *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Vegetation Index Differencing* (VIDN). Kedua indeks vegetasi tersebut juga dapat digunakan untuk parameter ada tidaknya perubahan tutupan lahan di daerah pertambangan Kota Sawahlunto. Data citra satelit yang digunakan adalah landsat karena berdasarkan penelitian sebelumnya data citra satelit landsat dapat menghasilkan tingkat akurasi yang besar jika dibandingkan dengan data citra satelit lainnya. Penelitian ini dilakukan dengan memonitoring tutupan lahan daerah pertambangan Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016. Karena diantara selang waktu tersebut, banyak perusahaan tambang batu bara yang sedang beroperasi dan kemajuan teknologi untuk mengeksploitasi tambang batu bara semakin canggih.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan tutupan lahan dan luasan untuk setiap kelas klasifikasinya di daerah pertambangan Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016?
2. Bagaimana hasil akurasi setiap klasifikasi di daerah pertambangan Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016?
3. Bagaimana tingkat kehijauan vegetasi di daerah pertambangan Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan tutupan lahan dan luasan untuk setiap kelas klasifikasinya di daerah pertambangan Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016;
2. Mengetahui hasil akurasi setiap klasifikasi di daerah pertambangan Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016;
3. Mengetahui tingkat kehijauan vegetasi di daerah pertambangan Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti: memberikan pengetahuan tambahan mengenai pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk monitoring perubahan tutupan lahan;
2. Bagi masyarakat: memberikan informasi mengenai luas tutupan lahan daerah pertambangan Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat;
3. Bagi instansi pemerintahan: mendukung program pemulihan lahan terbuka bekas tambang Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka yang ini berisi mengenai teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat pada penelitian. Terdiri dari kondisi geografis Kota Sawahlunto, tutupan lahan, penginderaan jauh, teori gelombang elektromagnetik, citra satelit landsat, klasifikasi serta indeks vegetasi sehingga dapat digunakan sebagai kajian pustaka dalam penyelesaian penelitian.

2.1 Kondisi Geografis Kota Sawahlunto

Sawahlunto merupakan salah satu kota yang ada di Provinsi Sumatera Barat, Indonesia. Secara astronomi letak Kota Sawahlunto adalah $0^{\circ}34'00''$ - $0^{\circ}46'00''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}41'00''$ - $100^{\circ}49'00''$ Bujur Timur. Kota Sawahlunto memiliki luas $273,45 \text{ km}^2$ yang terdiri dari 4 kecamatan dengan jumlah penduduk lebih dari 54.000 jiwa. Bentang alam kota Sawahlunto memiliki ketinggian yang sangat bervariasi yaitu antara 250 meter sampai 650 meter di atas permukaan laut. Bagian utara kota ini memiliki topografi yang relatif datar meski berada pada sebuah lembah, sementara bagian timur dan selatan kota ini relatif curam dengan kemiringan lebih dari 40%. Kota Sawahlunto terletak di daerah dataran tinggi yang merupakan bagian dari Bukit Barisan. Dari luas yang sebesar $273,45 \text{ km}^2$ ini, lebih dari 26,5% atau sekitar $72,47 \text{ km}^2$ merupakan kawasan perbukitan yang ditutupi hutan lindung. Penggunaan tanah yang dominan di kota ini adalah perkebunan sekitar 34% dan danau yang terbentuk dari bekas galian tambang batu bara sekitar 0,2%. Kota Sawahlunto termasuk kota dengan pendapatan per kapita kedua tertinggi di Provinsi Sumatera Barat, dimana mata pencaharian penduduk sebagian besar ditopang oleh sektor pertambangan. Batu bara yang telah dieksploitasi di Kota Sawahlunto mencapai 30 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2015).

2.2 Tutupan Lahan

Menurut Sutanto (1994) penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk mendeteksi perubahan obyek terdiri dari 10 aspek yakni: (1) Tutupan dan

penggunaan lahan, (2) Perubahan hutan atau vegetasi, (3) Penilaian kerusakan hutan dan defoliasi, (4) Deforestasi, regenerasi dan permanen selektif, (5) Perubahan lahan basah atau *wetland*, (6) Kebakaran hutan, (7) Perubahan *lansekap*, (8) Perubahan daerah kota, (9) Perubahan lingkungan, (10) Penggunaan lainnya seperti monitoring tanaman, monitoring perladangan berpindah dan segmentasi jalan.

Menurut Barrett dan Curtis (1983) tutupan lahan adalah kenampakan alamiah bumi seperti vegetasi, biota, tanah, topografi, hutan, air, struktur buatan manusia dan sebagainya. Dengan kata lain, tutupan lahan merupakan hamparan biofisik dari sebagian permukaan bumi. Informasi tutupan lahan mempunyai peranan yang signifikan sebagai informasi tematik untuk melakukan perencanaan, pengendalian dan penataan ruang agar tercipta pembangunan berkelanjutan. Melalui bantuan citra satelit dan teknik penginderaan jauh, tutupan lahan yang tampak dalam citra dapat dikelompokkan kemudian dianalisis perubahannya. Perubahan tutupan lahan merupakan perubahan kenampakan yang ada di permukaan bumi. Deteksi perubahan tutupan lahan dalam suatu periode waktu merupakan hal penting untuk memahami hubungan antara manusia dan fenomena alam, yang berkaitan dengan menyusun keputusan pengelolaan dan penggunaan sumber daya alam.

2.3 Penginderaan Jauh

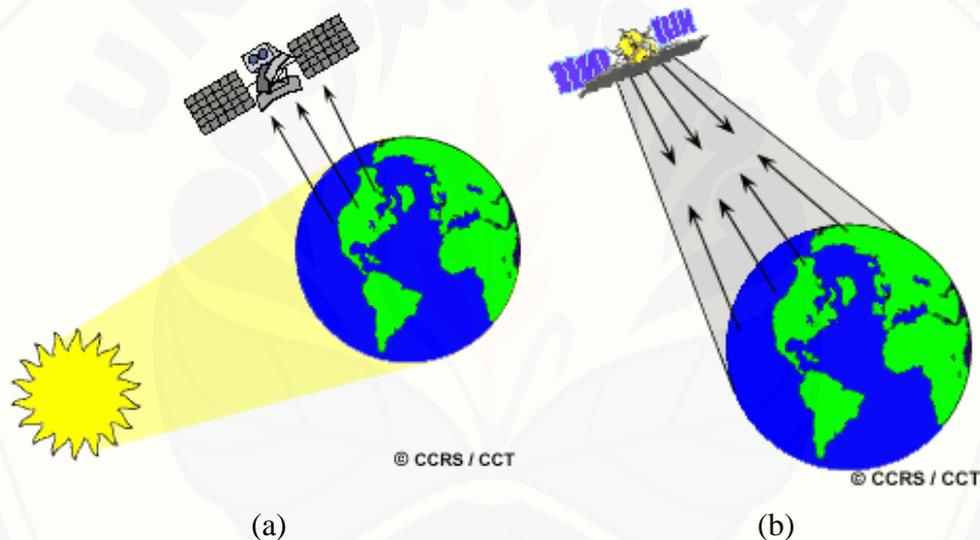
Menurut Curran (1985) pengertian dari penginderaan jauh adalah sebuah ilmu pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek maupun fenomena oleh sebuah alat yang tidak secara fisik melakukan kontak langsung dengan objek tersebut. Bisa dikatakan juga bahwa penginderaan jauh merupakan suatu pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek atau fenomena oleh sebuah alat dari jarak jauh misalnya dari pesawat, pesawat luar angkasa, satelit, kapal atau alat lain.

Lillesand dan Kiefer (2000) juga memberikan definisi tentang penginderaan jauh, yakni ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah,

atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah, atau gejala yang dikaji.

Lindgren (1985) mengutarakan definisi tentang penginderaan jauh sebagai berikut: Penginderaan jauh yaitu berbagai teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi. Informasi tersebut khusus berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi.

Menurut sumber sensornya, penginderaan jauh dibagi menjadi 2 yakni sensor aktif dan sensor pasif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



(a)

(b)

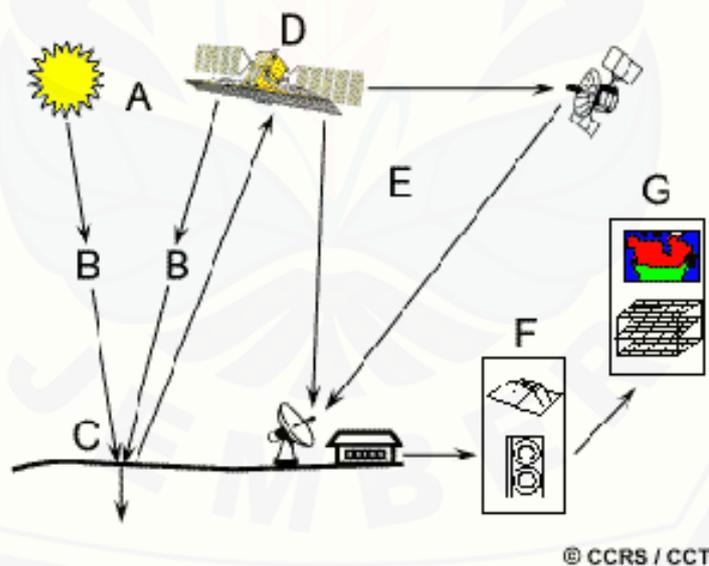
(a) Sensor Pasif; (b) Sensor Aktif

Gambar 2.1 Sistem Sensor (Sumber: Mahdi, 2014)

Sebagaimana telah diketahui bahwa sinar matahari merupakan sumber energi atau radiasi yang hampir tak terbatas untuk aplikasi penginderaan jauh. Sistem penginderaan jauh yang mengukur energi secara alami disebut dengan sensor pasif. Penginderaan jauh sistem sensor pasif hanya dapat digunakan untuk mendeteksi energi jika tersedia sinar matahari dan obyek-obyek memantulkan sebagian radiasi tersebut yang akhirnya ditangkap oleh sensor. Energi dapat pula berasal dari pancaran suatu obyek seperti sumber-sumber thermal, misal lokasi kebakaran hutan, sumber panas bumi, dan lain-lain (Sutanto, 1994).

Penginderaan jauh sistem sensor aktif sebaliknya mempunyai sumber energi tersendiri atau dapat dikatakan bahwa energi berasal dari sensor tersebut. Sensor membangkitkan energi yang diarahkan ke obyek, kemudian obyek memantulkan kembali ke sensor. Energi yang kembali ke sensor membawa informasi tentang obyek. Serangkaian nilai energi yang tertangkap sensor ini disimpan sebagai basis data dan selanjutnya dianalisis. Sistem penginderaan jauh aktif tidak tergantung pada adanya sinar matahari, karena energi bersumber dari sensor. Contoh dari sistem penginderaan jauh aktif ini adalah sistem kerja radar. Radar membangkitkan energi yang diarahkan ke obyek. Energi yang sampai pada obyek sebagian terpantul dan kembali ke sensor. Sensor aktif dapat bekerja sepanjang waktu, siang maupun malam (Sutanto, 1994).

Proses penginderaan jauh melalui satelit yang melibatkan interaksi antara radiasi sinar matahari dan obyek yang menjadi target di permukaan bumi ditampilkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Skema Prinsip Penginderaan Jauh (Sumber: Mahdi, 2014)

Penjelasan mengenai gambar di atas untuk menghasilkan informasi dengan sistem penginderaan jauh adalah sebagai berikut:

- (A) Sumber energi: sumber energi matahari dibutuhkan untuk mendapatkan energi elektromagnetik yang dipancarkan ke obyek di permukaan bumi.

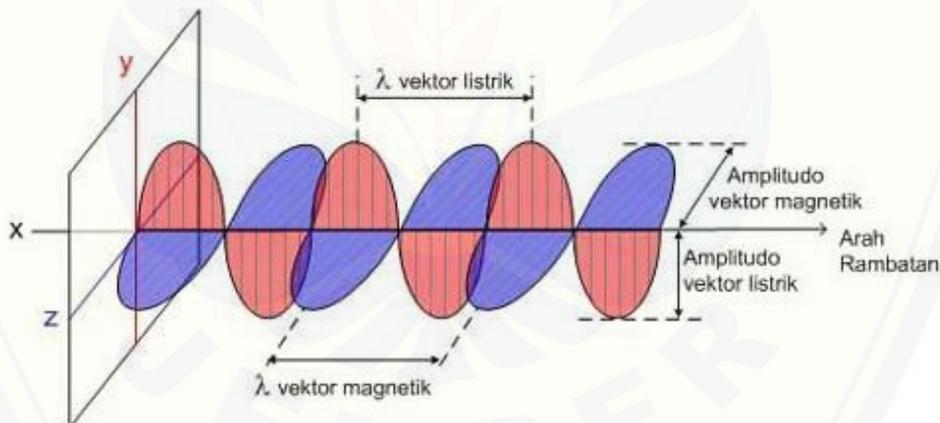
- (B) Radiasi dan atmosfer: ketika energi terpancar dari sumber ke obyek akan terjadi kontak atau interaksi dengan atmosfer bumi, interaksi ini membutuhkan waktu dalam hitungan detik supaya energi sampai ke obyek.
- (C) Interaksi dengan obyek: ketika energi matahari sampai ke obyek, energi tersebut akan berinteraksi. Interaksi tersebut tergantung pada karakteristik obyek dan radiasi.
- (D) Penyimpanan energi dalam sensor: setelah energi direfleksikan atau diteruskan dari obyek, dibutuhkan suatu sensor untuk mengumpulkan dan menyimpan radiasi elektromagnetik.
- (E) Transmisi, penerima dan pengolahan: energi yang diterima oleh sensor kemudian diteruskan, umumnya dalam bentuk elektronik ke stasiun penerima di bumi. Kemudian data diolah dan dirubah menjadi *image* satelit atau citra satelit.
- (F) Interpretasi dan analisis: *image* atau citra yang telah diolah kemudian diinterpretasikan, secara visual, digital maupun elektronik untuk mendapatkan informasi tentang obyek yang terdeteksi.
- (G) Aplikasi: langkah terakhir dari proses penginderaan jauh adalah ketika mencoba mengaplikasikan informasi yang didapat dari data citra satelit berkaitan dengan obyek yang ada di permukaan bumi. Aplikasi di berbagai bidang kehidupan dengan tujuan untuk lebih memahami obyek tersebut dan hasilnya berupa informasi baru yang bermanfaat untuk menyelesaikan suatu permasalahan.

2.4 Teori Gelombang Elektromagnetik

Pengumpulan data dalam sistem penginderaan jauh dilakukan dari jarak jauh dengan menggunakan sensor. Karena penginderaannya dilakukan dari jarak jauh, diperlukan suatu energi penghubung yang membawa data tentang obyek ke sensor. Gambaran obyek maupun nilai spektral yang dihasilkan oleh perekaman tersebut tergantung pada besarnya energi yang dapat mencapai sensor. Data tersebut dapat dikumpulkan dan direkam dengan tiga cara, yakni dengan mendasarkan atas variasi: (1) distribusi daya, (2) distribusi gelombang bunyi, (3)

distribusi gelombang elektromagnetik. Obyek, daerah atau gejala di permukaan bumi dapat dikenali pada hasil rekamannya karena masing-masing obyek mempunyai karakteristik tersendiri dalam interaksinya terhadap daya, gelombang bunyi ataupun gelombang elektromagnetik. Sebagai contoh, sensor yang berupa gravimeter dapat mengumpulkan data yang berupa variasi daya tarik bumi, sedang magnetometer mengumpulkan data yang berupa variasi daya magnetik. Sonar mengumpulkan data tentang distribusi gelombang bunyi dalam air, mikrofon dan telinga manusia menangkap gelombang bunyi di udara. Kamera mengumpulkan data tentang variasi distribusi gelombang elektromagnetik yang berupa sinar (Suits, 1975).

Chanlett (1979) mengemukakan tentang pengertian elektromagnetik sebagai berikut: Energi elektromagnetik ialah paket elektrisitas dan magnetisme yang bergerak dengan kecepatan cahaya pada frekuensi dan panjang gelombang tertentu dengan sejumlah energi tertentu seperti pada Gambar 2.3.



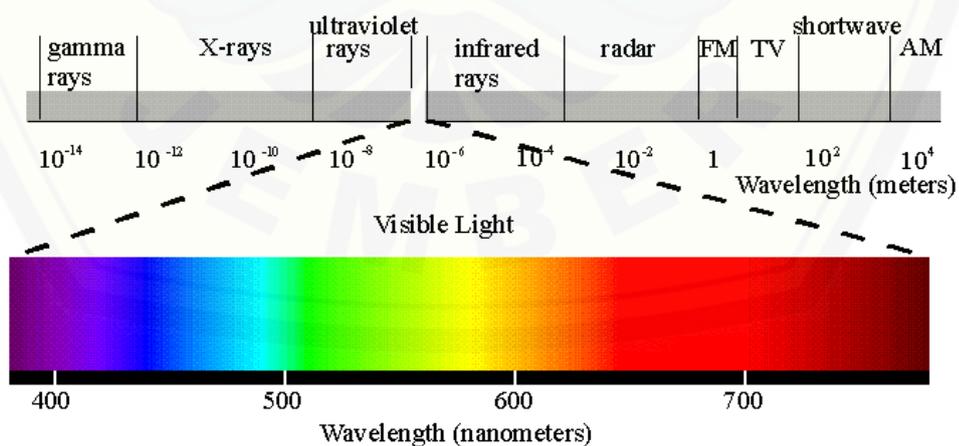
Gambar 2.3 Gelombang Elektromagnetik (Sumber: Kurniawan, 2012)

Sumber energi dibutuhkan untuk mendapatkan respon dari suatu obyek di permukaan bumi untuk menyinari obyek tersebut. Sumber energi bisa berasal dari sinar matahari dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Selain matahari juga ada sumber gelombang lain, baik sumber alamiah maupun buatan. Sumber energi alamiah digunakan dalam penginderaan jauh

sistem pasif, sedangkan sumber energi buatan digunakan dalam penginderaan jauh sistem aktif (Sutanto, 1994).

Matahari memancarkan energi atau gelombang elektromagnetik ke segala arah, sebagian ada yang mencapai bumi dan ada yang tidak mencapai bumi. Perjalanan berlangsung dengan cara radiasi. Radiasi elektromagnetik adalah kombinasi medan listrik dan medan magnet yang berosilasi dan merambat melewati ruang dan membawa energi dari satu tempat ke tempat yang lain. Radiasi gelombang elektromagnetik berlangsung dengan kecepatan tetap dengan pola gelombang yang harmonik. Dua karakteristik radiasi elektromagnetik yang penting untuk penginderaan jauh adalah panjang gelombang dan frekuensi (Sabins, 1978).

Gelombang elektromagnetik terdiri dari berkas atau spektrum yang sangat luas, yakni meliputi sinar kosmik, Gamma, X, ultraviolet, tampak, inframerah, gelombang mikro dan gelombang radio. Istilah spektrum digunakan untuk menunjukkan bagian tertentu spektrum elektromagnetik, seperti spektrum tampak, spektrum inframerah dan spektrum ultraviolet. Saluran/pita/band digunakan untuk bagian yang lebih kecil misalnya band biru, band hijau dan band merah pada spektrum tampak. Jumlah total seluruh spektrum ini disebut spektrum elektromagnetik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Sumber: Kurniawan, 2012)

Tabel 2.1 menjelaskan mengenai rentang panjang gelombang dan frekuensinya untuk spektrum elektromagnetik.

Tabel 2.1 Spektrum Elektromagnetik

Spektrum	Panjang gelombang
Gamma	$< 0.03 \text{ nm}$
X	$0.03 \text{ nm} - 3 \text{ nm}$
Ultraviolet	$3 \text{ nm} - 0.4 \text{ }\mu\text{m}$
Tampak	$0.4 \text{ }\mu\text{m} - 0.7 \text{ }\mu\text{m}$
Biru	$0.4 - 0.5 \text{ }\mu\text{m}$
Hijau	$0.5 - 0.6 \text{ }\mu\text{m}$
Merah	$0.6 - 0.7 \text{ }\mu\text{m}$
Inframerah	$0.7 - 1000 \text{ }\mu\text{m}$
Gelombang pendek	$0.3 - 300 \text{ cm}$

Sumber : Paine, 1981

Hubungan antara cepat rambat, panjang gelombang dengan besarnya frekuensi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$c = \lambda f \quad (2.1)$$

dimana :

c = kecepatan cahaya, sebesar $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

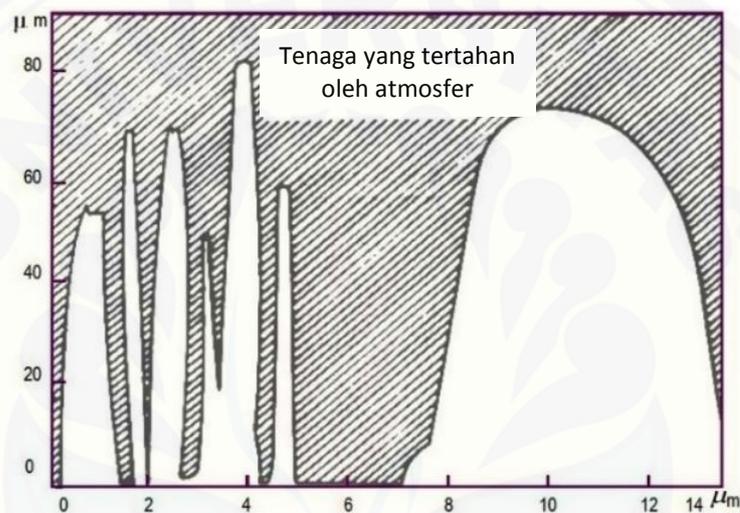
λ = panjang gelombang (m)

f = frekuensi (Hz)

Pemahaman tentang karakteristik panjang gelombang dan frekuensi spektrum elektromagnetik sangat penting untuk mengetahui informasi yang didapat dari data penginderaan jauh.

2.5 Jendela Atmosfer

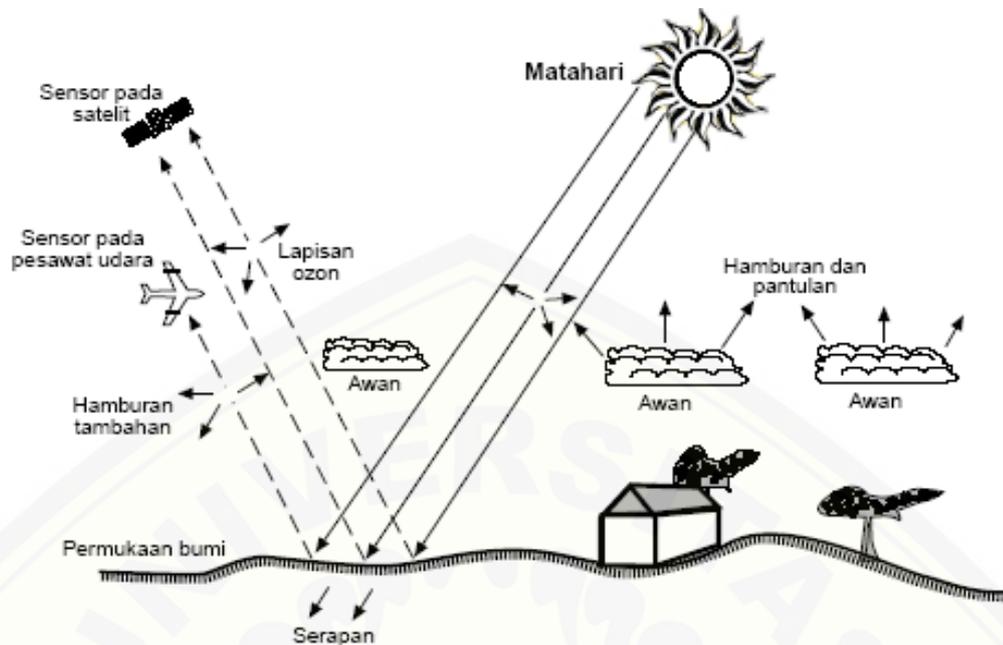
Spektrum elektromagnetik merupakan spektrum yang sangat luas tetapi hanya sebagian kecil saja yang dapat digunakan dalam teknologi penginderaan jauh. Hal ini dikarenakan atmosfer hanya dapat dilalui atau ditembus oleh sebagian kecil spektrum elektromagnetik. Bagian-bagian spektrum elektromagnetik yang dapat melalui atmosfer dan mencapai permukaan bumi disebut dengan jendela atmosfer seperti yang terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Jendela Atmosfer (Sumber: Sutanto, 1994)

Jendela atmosfer yang dikenal orang dan paling banyak digunakan dalam penginderaan jauh ialah spektrum tampak yang dibatasi oleh panjang gelombang $0.4 - 0.7 \mu m$. Spektrum ini disebut dengan spektrum tampak karena mata manusia sebagai sensor alamiah dapat menggunakannya untuk melihat sesuatu. Sebelum radiasi mencapai permukaan bumi, radiasi tersebut melewati atmosfer bumi yang tebalnya beberapa ribu kilometer. Partikel-partikel dan gas-gas di atmosfer dapat berpengaruh terhadap radiasi dan sinar yang masuk.

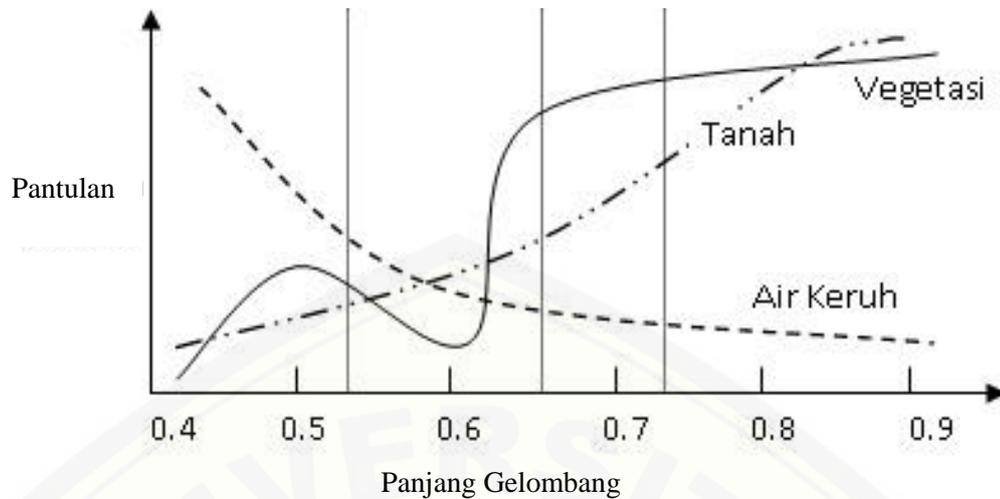
Radiasi yang tidak diserap atau tidak dibelokkan di atmosfer dapat menyentuh dan berinteraksi dengan permukaan bumi. Ada tiga bentuk interaksi yang mungkin terjadi, yaitu: penyerapan, transmisi dan pemantulan seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Interaksi antara Gelombang Elektromagnetik dengan Atmosfer (Sumber: Mahdi, 2014)

Seperti pada Gambar 2.6 terdapat beberapa sifat gelombang elektromagnetik jika mengenai suatu obyek. Ada yang dipantulkan, diserap maupun ditransmisikan. Sebagian gelombang elektromagnetik yang dapat mencapai permukaan bumi diserap oleh obyek di permukaan bumi, sedangkan sisanya dipantulkan olehnya hingga mencapai sensor yang dipasang pada pesawat terbang, satelit atau wahana lainnya. Setiap obyek mempunyai karakteristik tersendiri di dalam menyerap dan memantulkan gelombang yang diterimanya. Karakteristik ini disebut dengan karakteristik spektral atau karakteristik pantulan.

Karakteristik spektral sering disebut juga dengan *spektral signature* karena mempunyai sifat khusus bagi setiap obyek. Obyek yang banyak memantulkan gelombang elektromagnetik tampak cerah pada citra, sedangkan obyek yang banyak menyerap energi akan tampak gelap pada citra. Gambar 2.7 merupakan kurva pantulan untuk beberapa obyek diantaranya adalah vegetasi, tanah dan air keruh (Sutanto, 1994).



Gambar 2.7 Kurva Pantulan (Sumber: Sutanto, 1994)

Energi yang diterima oleh suatu benda (E) sama dengan jumlah total energi yang dipantulkan olehnya (p) ditambah dengan energi yang diserap olehnya (s) dan yang menembus benda tersebut (t), atau bisa ditulis dalam bentuk persamaan berikut:

$$E = p + s + t \quad (2.2)$$

Aplikasi penginderaan jauh lebih fokus untuk mengukur seberapa besar energi yang dipantulkan oleh suatu obyek di permukaan bumi. Pada prinsipnya ada dua jenis pemantulan, yakni pemantulan sempurna dan pemantulan sebagian. Jika suatu permukaan cukup halus akan terjadi pemantulan sempurna. Kebanyakan obyek di permukaan bumi memiliki karakteristik pemantulan diantara pemantulan sempurna dan pemantulan sebagian, tergantung tingkat kekasaran permukaan obyek tersebut dibandingkan dengan radiasi panjang gelombang yang mengenai obyek tersebut (Sutanto, 1994).

Sebagai ilustrasi, di bawah ini diberikan contoh beberapa obyek di permukaan bumi yang berinteraksi dengan gelombang elektromagnetik pada spektrum inframerah dan spektrum tampak:

1. Daun Tanaman atau Vegetasi

Komposisi kimia di dalam daun yang disebut dengan klorofil atau zat hijau daun banyak menyerap radiasi pada spektrum merah dan biru, tetapi memantulkan spektrum hijau. Daun kelihatan hijau oleh mata kita ketika kandungan klorofil di dalamnya maksimum. Daun yang hanya mengandung sedikit klorofil akan sedikit menyerap spektrum hijau dan lebih banyak spektrum merah yang dipantulkan. Hal ini menyebabkan daun kelihatan berwarna merah atau kuning.

2. Air

Radiasi gelombang panjang dari spektrum tampak dan spektrum inframerah dekat diserap lebih banyak oleh air daripada radiasi pendek dari spektrum tampak. Air umumnya berwarna biru atau biru-kehijauan karena banyak memantulkan radiasi pada gelombang pendek ini, dan kelihatan lebih hitam pada spektrum merah dan inframerah dekat. Jika ada sedimen yang mengendap pada lapisan air bagian atas, efek ini akan menyebabkan pemantulan yang lebih banyak dan air kelihatan lebih terang. Keberadaan sedimen di dalam air akan tampak sama dengan air jernih yang tipis dan dangkal, karena tingkat pemantulan kedua fenomena kelihatan serupa. Klorofil di dalam alga menyerap lebih banyak spektrum biru dan memantulkan spektrum hijau, hal ini akan menyebabkan air kelihatan berwarna lebih hijau jika ada tanaman yang tumbuh di dalam air. Tingkat kekasaran permukaan air dapat menyebabkan interpretasi terhadap sifat pemantulan air yang lebih kompleks karena pengaruh pemantulan yang sempurna dan tingkat kecerahan.

Dua contoh di atas menggambarkan bahwa: tergantung dari tingkat kompleksitas target atau obyek yang diamati dan panjang gelombang radiasi yang digunakan untuk dapat melihat respon yang berbeda dari mekanisme penyebaran, transmisi dan pemantulan. Dengan mengukur energi yang dipantulkan oleh target ke permukaan bumi dengan variasi panjang gelombang akan dapat menggambarkan respon spektral obyek tersebut. Perbandingan pola respon spektral dari obyek-obyek yang ada di permukaan bumi dapat mengidentifikasi dan mengenali perbedaan antara satu fitur dengan lainnya, yang tidak dapat

dilakukan jika hanya menggunakan satu panjang gelombang saja (Lillesand dan Kiefer, 2000).

Sebagai contoh, air dan vegetasi mungkin kelihatan sama dalam hal karakteristik pemantulannya pada spektrum tampak, tetapi sangat berbeda karakteristik respon spektralnya jika disinari dengan spektrum inframerah. Pengetahuan tentang respon spektral dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, akan sangat membantu dalam memahami interaksi antara radiasi elektromagnetik dan obyek permukaan.

2.6 Citra Satelit

Satelit penginderaan jauh merupakan teknologi modern untuk memperoleh data citra digital tentang permukaan bumi menggunakan gelombang elektromagnetik. Beberapa panjang gelombang pada gelombang elektromagnetik dapat dimanfaatkan untuk aplikasi penginderaan jauh. Adanya teknologi penginderaan jauh dan pengolahan citra satelit memungkinkan untuk mengakses informasi spasial-temporal dari suatu wilayah tertentu. Keberadaan data-data spasial ini sangat bermanfaat jika didukung oleh perkembangan pada dasa warsa terakhir dimana jumlah satelit semakin banyak dan karakteristiknya semakin bervariasi. Jumlah band juga semakin banyak serta jangkauan spasial yang semakin luas. Berdasarkan misinya, satelit penginderaan jauh dikelompokkan menjadi dua macam yaitu: satelit cuaca dan satelit sumber daya alam. Citra satelit cuaca terdiri dari TIROS-1, ATS-1, GOES, NOAA AVHRR, MODIS, DMSP. Citra satelit alam terdiri dari SPOT, ALOS, ASTER, IKONOS, QUICKBIRD dan LANDSAT (Mahdi, 2014).

2.6.1 Citra Landsat

Seri *Land Satelit* atau lebih dikenal dengan istilah landsat pertama kali adalah *Eart Resource Tecnology Satelit* (ERTS). Spesifikasi peluncuran landsat dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Peluncuran Landsat

Nama Satelit	Peluncuran	Keterangan
Landsat 1	23 Juli 1972	-
Landsat 2	22 Januari 1975	-
Landsat 3	5 Maret 1978	Berakhir 31 Maret 1983
Landsat 4	16 Juli 1982	Berakhir tahun 1993
Landsat 5	1 Maret 1984	Berakhir Desember 2012
Landsat 6	5 Oktober 1993	Gagal mencapai orbit
Landsat 7	15 Desember 1999	Kerusakan sejak Mei 2003
Landsat 8	11 Februari 2013	Aktif sampai sekarang

Sumber : Finn, 2013.

Landsat 8 lebih cocok disebut sebagai satelit dengan misi melanjutkan landsat 7 dari pada disebut sebagai satelit baru dengan spesifikasi yang baru pula. Ini terlihat dari karakteristiknya yang mirip dengan landsat 7, baik resolusinya (spasial, temporal, spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Hanya saja ada beberapa tambahan yang menjadi titik penyempurnaan dari landsat 7 seperti jumlah band, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai digital number) dari setiap *pixel* citra (Finn, 2013).

Setiap satelit landsat tersebut mempunyai sensor sendiri-sendiri. Landsat 1 sampai 3 mempunyai 2 sensor yaitu Return Beam Vidicon camera (RBV) dan Multispectral Scanner (MSS). Landsat 4 dan 5 mempunyai sensor MSS dan Thematic Mapper (TM). Landsat 7 mempunyai sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Sensor RBV hanya bisa merekam pada 3 panjang gelombang saja yaitu spektrum merah, hijau dan biru. Sensor MSS hanya 3 panjang gelombang yaitu inframerah dekat, merah dan hijau. Karakteristik antara sensor yang dibawa oleh landsat 5 dan 7 sama. Spesifikasi band untuk landsat 5/7 dan landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Spesifikasi Band pada Landsat 5/7

Landsat 5/7 Bands	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)
<i>Band 1 – Blue</i>	0.45 – 0.52	30
<i>Band 2 – Green</i>	0.52 – 0.60	30
<i>Band 3 – Red</i>	0.63 – 0.69	30
<i>Band 4 – NIR</i>	0.77 – 0.90	30
<i>Band 5 – SWIR</i>	1.57 – 1.75	30
<i>Band 6 – Thermal Infrared</i>	10.40 – 12.50	60
<i>Band 7 - SWIR</i>	2.09 – 2.35	30
<i>Band 8 - Panchromatic</i>	0.52 – 0.90	15

Sumber : Finn, 2013.

Tabel 2.4 Spesifikasi Band pada Landsat 8

Landsat 8 Bands	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)
<i>Band 1 – Coastal aerosol</i>	0.43 – 0.45	30
<i>Band 2 – Blue</i>	0.45 – 0.51	30
<i>Band 3 – Green</i>	0.53 – 0.59	30
<i>Band 4 – Red</i>	0.64 – 0.67	30
<i>Band 5 – NIR</i>	0.85 – 0.88	30
<i>Band 6 – SWIR 1</i>	1.57 – 1.65	30
<i>Band 7 – SWIR 2</i>	2.11 – 2.29	30
<i>Band 8 - Panchromatic</i>	0.50 – 0.68	15
<i>Band 9 - Cirrus</i>	1.36 – 1.38	30
<i>Band 10 – TIRTS 1</i>	10.60 – 11.19	100
<i>Band 11 – TIRTS 2</i>	11.50 – 12.51	100

Sumber : Finn, 2013.

United States Geological Survey (USGS) mempublikasikan spesifik dari satelit landsat 8 terbang dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area cakupan seluas 185 km x 185 km. *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) sendiri menargetkan satelit landsat versi terbarunya ini

mengemban misi selama 5 tahun beroperasi. Terdapat dua sensor yang terdapat pada landsat 8 yakni sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Satelit landsat 8 memiliki sensor OLI dan TIRS dengan jumlah band sebanyak 11. Diantara band tersebut, 9 band (band 1-9) berada pada OLI dan 2 band lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS.

2.6.2 Resolusi Citra Landsat

Data penginderaan jauh terdiri dari matrik citra atau *image* yang dikenal dengan *pixel* (*picture elements*). *Pixel* adalah satuan terkecil dari sebuah citra satelit. *Pixel* berbentuk segi-empat sama sisi dan mempresentasikan suatu luasan di dalam sebuah citra. Suatu citra yang dihasilkan oleh sebuah sensor satelit pasti mempunyai resolusi. Resolusi merupakan ukuran kemampuan sensor dalam penginderaan jauh satelit. Suatu sistem sensor satelit terdapat empat macam resolusi, yaitu resolusi spasial, resolusi temporal, resolusi radiometrik dan resolusi spektral. Resolusi spasial merupakan kemampuan sensor satelit dalam mengindera ukuran terkecil suatu obyek, landsat mempunyai resolusi spasial 30 meter. Resolusi temporal merupakan kemampuan sensor satelit merekam pada tempat yang sama dalam kurun waktu tertentu, landsat 16 hari. Resolusi radiometrik merupakan ukuran kemampuan sensor dalam merekam atau mengindera perbedaan terkecil suatu obyek dengan obyek yang lain atau ukuran kepekaan sensor. Resolusi spektral merupakan ukuran kemampuan sensor dalam memisahkan obyek pada beberapa kisaran panjang gelombang (Lintz dan Simonett, 1976).

Ada sedikit perbedaan antara istilah citra dan foto. Citra merupakan representasi gambar dengan menggunakan berbagai jenis panjang gelombang untuk mendeteksi dan merekam gelombang elektromagnetik, sedangkan foto merujuk pada citra yang dideteksi dan direkam dalam kertas foto. Foto umumnya direkam pada range panjang gelombang $(0.3 - 0.9)\mu\text{m}$ yang merupakan daerah spektrum tampak. Berdasarkan penjelasan singkat tersebut, dapat dikatakan bahwa semua foto termasuk citra tetapi tidak semua citra merupakan foto. Foto juga dapat direpresentasikan dan ditampilkan dalam format digital dengan membagi foto tersebut ke dalam luas satuan yang lebih kecil yakni *pixel*. Sensor

2.6.3 Koreksi Citra

Data citra sebelum dilakukan pengolahan maupun analisis maka haruslah dilakukan pengkoreksian terlebih dahulu. Salah satu metode koreksi data citra penginderaan jauh adalah koreksi radiometrik *Tof of Atmosphere* (ToA). Koreksi ToA adalah koreksi pada citra yang dilakukan untuk menghilangkan distorsi radiometrik yang disebabkan oleh posisi matahari. Posisi matahari terhadap bumi berubah bergantung pada waktu perekaman dan lokasi obyek yang direkam. Koreksi ToA dilakukan dengan cara mengubah nilai digital number ke nilai reflektansi. Menurut Catur, *et al* (2015), persamaan konversi untuk koreksi ToA reflektansi yaitu:

$$L\lambda = ML \times Qcal + AL \quad (2.3)$$

dimana:

$L\lambda$ = ToA reflektansi

ML = *Reflectance_Mult_Band_x*, di mana x adalah nomor *band*

AL = *Reflectance_Add_Band_x*, di mana x adalah nomor *band*

$Qcal$ = Nilai digital number (DN)

2.7 Klasifikasi

Klasifikasi pada dasarnya dilakukan untuk mengelompokkan data dari nilai-nilai *pixel* yang bervariasi sehingga dapat dibedakan ke dalam beberapa kelas yang memiliki karakteristik nilai spektral yang serupa. Menurut Lindgren (1985) klasifikasi untuk suatu citra dikelompokkan menjadi dua cara yakni:

2.7.1 Klasifikasi *Unsupervised*

Klasifikasi *unsupervised* atau disebut juga dengan klasifikasi tak terbimbing adalah salah satu metode untuk interpretasi citra. Pada klasifikasi ini dibentuk suatu *cluster* atau *natural grouping*. *Cluster* mengklasifikasikan *pixel* berdasarkan jarak spektral antar *pixel*. Apabila jarak tersebut kurang dari suatu konstanta yang diberikan, maka *pixel* tersebut digabungkan menjadi suatu *cluster*, tetapi

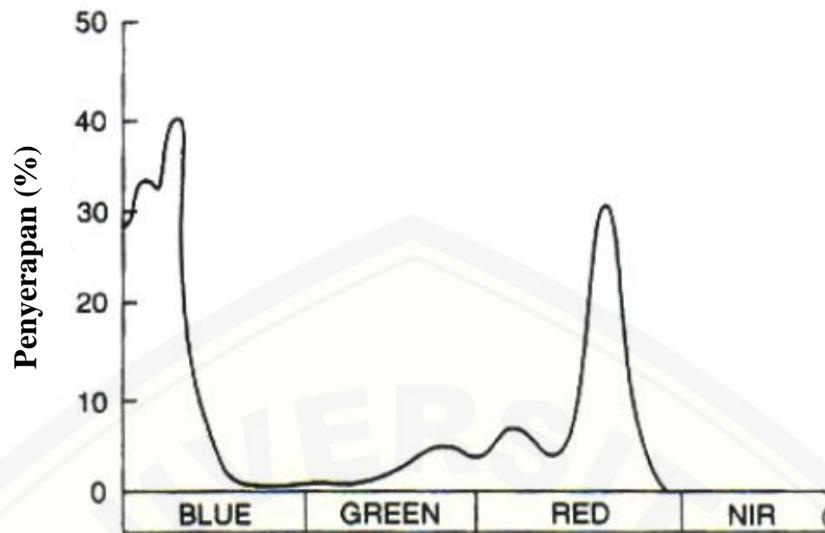
sebaliknya apabila jarak spektral tersebut lebih besar maka *pixel* yang pertama akan menjadi acuan untuk mengukur jarak spektral terhadap *pixel* berikutnya.

2.7.2 Klasifikasi *Supervised*

Klasifikasi *supervised* adalah salah satu metode untuk interpretasi citra selain klasifikasi *unsupervised*. Bisa disebut juga dengan klasifikasi terbimbing. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengetahui lokasi dari setiap tipe penutupan lahan yang memerlukan analisis citra resolusi spasial yang tinggi. Mengidentifikasi secara spesifik dari lokasi yang telah diketahui tipe penutupan lahannya dan akan ditetapkan sebagai training area. Training area ini akan mewakili nilai spektral yang menjadi acuan bagi *pixel* lainnya, di mana jika memiliki nilai spektral yang mirip dengan nilai spektral training area maka akan diklasifikasikan menjadi kelas penutupan lahan seperti training area.

2.8 Indeks Vegetasi

Menurut Curran (1985) indeks vegetasi dianalisa berdasarkan nilai-nilai kecerahan digital, dilakukan untuk mengukur tingkat kehijauan vegetasi. Sebuah indeks vegetasi terbentuk dari kombinasi beberapa nilai spektral dengan menambahkan, mengurangi, dibagi atau dikalikan dengan cara yang dirancang untuk menghasilkan nilai tunggal yang menunjukkan jumlah atau kekuatan vegetasi dalam *pixel*. Tingginya nilai dari indeks vegetasi mengidentifikasi *pixel* ditutupi oleh besarnya proporsi vegetasi sehat. Bentuk paling sederhana dari indeks vegetasi adalah rasio antara dua nilai digital dari band spektral yang terpisah. Beberapa rasio band didefinisikan dengan menerapkan pengetahuan tentang perilaku spektral vegetasi hidup. Indeks vegetasi adalah besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital beberapa band data sensor satelit. Untuk pemantauan vegetasi, dilakukan proses perbandingan antara tingkat kecerahan spektrum merah dan spektrum inframerah dekat. Fenomena penyerapan spektrum merah oleh klorofil dan pemantulan spektrum inframerah dekat oleh jaringan mesofil yang terdapat pada daun akan membuat nilai kecerahan yang diterima sensor satelit pada band-band tersebut akan jauh berbeda. Pola spektral vegetasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Pola Penyerapan Vegetasi (Sumber: Sutanto, 1994)

Analisis kehijauan atau indeks vegetasi adalah salah satu langkah yang paling sederhana untuk pantauan vegetasi hijau. Indeks vegetasi dirancang untuk memberikan ukuran jumlah keseluruhan dan kualitas klorofil vegetasi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa indeks vegetasi merupakan perbandingan pengukuran reflektansi di band inframerah dekat dengan pengukuran lain yang diambil dalam rentang band merah, di mana klorofil menyerap foton untuk menyimpan menjadi energi melalui fotosintesis. Terdapat dua metode perolehan nilai indeks vegetasi yakni *Normalized Difference Vegetation Index* dan *Vegetation Index Differencing* (Sutanto, 1994).

2.8.1 Normalized Difference Vegetation Index

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan suatu metode untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi yang sehat atau hijau. Rumusan dalam mencari besarnya nilai indeks vegetasi menggunakan metode NDVI dalam suatu obyek dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (2.4)$$

Nilai dari indeks vegetasi yang diperoleh dari metode NDVI berkisar dari -1,0 sampai +1,0 tetapi nilai yang kurang dari nol biasanya tidak memiliki makna ekologis sehingga nilai kisaran dipangkas menjadi 0 sampai +1,0. Nilai yang lebih besar menandakan perbedaan besar antara radiasi spektrum merah dan inframerah dekat yang direkam oleh sensor yakni sebuah kondisi yang berhubungan dengan vegetasi yang sangat aktif berfotosintesis. Nilai yang rendah artinya terdapat perbedaan antara spektrum merah dan inframerah dekat. Hal ini terjadi karena aktivitas fotosintesis sedikit atau sangat sedikit merefleksikan spektrum inframerah dekat.

2.8.2 Vegetation Index Differencing

Vegetation Index Differencing (VIDN) merupakan suatu metode untuk memperoleh nilai indeks vegetasi berdasarkan pengurangan nilai NDVI dua waktu yang berbeda. Metode VIDN ini digunakan untuk tujuan analisis perubahan. Deteksi perubahan merupakan suatu proses mengidentifikasi perubahan-perubahan suatu obyek atau fenomena melalui pengamatan pada berbagai waktu yang berbeda. VIDN sering juga disebut dengan metode pengurangan citra. Rumusan dalam mencari nilai indeks vegetasi dengan menggunakan metode VIDN adalah sebagai berikut:

$$VIDN = NDVI_n - NDVI_m \quad (2.5)$$

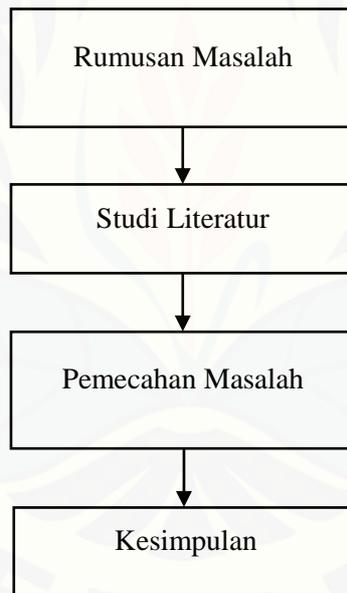
Di mana n dan m merupakan dua akuisisi nilai NDVI beda waktu. Nilai indeks vegetasi berdasarkan metode VIDN berkisar dari -2,0 sampai 2,0. Terjadinya pengurangan biomassa merupakan salah satu indikasi terjadinya suatu perubahan tutupan lahan (Sutanto, 1994).

BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada bab tiga ini memaparkan mengenai rancangan penelitian mulai dari perumusan masalah, studi literatur tentang penginderaan jauh, skema penyelesaian masalah, data yang digunakan, variabel penelitian sampai dengan metode analisisnya.

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini dimulai dari perumusan masalah pada penelitian, literatur yang mendukung untuk pemecahan masalah, tahapan dalam menyelesaikan masalah sampai dengan penarikan kesimpulan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian

Terdapat tiga perumusan masalah yakni mengenai perubahan tutupan lahan serta tingkat akurasi yang dihasilkan dan mengenai tingkat kehijauan vegetasi. Jenis penelitian ini merupakan penelitian berbasis komputasi, sehingga pemecahan masalah selanjutnya dijalankan menggunakan perangkat komputer. Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk data inputnya. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra dari sebuah satelit

landsat Kota Sawahlunto. Data citra satelit landsat memuat tentang kenampakan permukaan bumi sehingga dapat digunakan untuk monitoring tutupan lahan. Terdapat empat data citra satelit landsat yang akan digunakan pada penelitian yakni sebagai berikut:

1. Data tahun 2000 menggunakan citra satelit Landsat 5
2. Data tahun 2006 menggunakan citra satelit Landsat 5
3. Data tahun 2011 menggunakan citra satelit Landsat 5
4. Data tahun 2016 menggunakan citra satelit Landsat 8

Data citra satelit landsat mempunyai berbagai jenis band. Masing-masing band mempunyai karakteristik dan fungsi yang berbeda-beda. Pada penelitian ini data citra satelit landsat akan diolah menjadi suatu data informasi berupa luasan perubahan tutupan lahan dan nilai indeks vegetasi daerah pertambangan Kota Sawahlunto. Suatu citra satelit sebelum dilakukan proses pengolahan maka harus dikoreksi terlebih dahulu. Pada penelitian ini metode koreksi yang digunakan adalah metode koreksi radiometrik *Top of Atmosphere* (ToA). Kemudian setelah dilakukan koreksi maka citra satelit landsat dapat diolah untuk proses klasifikasi dan mendapatkan nilai indeks vegetasi.

Metode klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode klasifikasi *supervised*. Hasil klasifikasi tutupan lahan untuk waktu yang berbeda akan menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan pada daerah pertambangan Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. Ada empat data klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini yakni sebagai berikut:

1. Klasifikasi pada tahun 2000
2. Klasifikasi pada tahun 2006
3. Klasifikasi pada tahun 2011
4. Klasifikasi pada tahun 2016

Masing-masing klasifikasi, akan digolongkan menjadi empat jenis kelas yakni sebagai berikut:

1. Hutan
2. Tambang
3. Pemukiman

4. Air

Nilai indeks vegetasi menjadi parameter adanya perubahan tutupan lahan. Untuk perolehan nilai indeks vegetasi dilakukan proses perbandingan antara band *red* dan band *infrared*. Karena pemantulan yang dihasilkan oleh band *red* dan band *infrared* terhadap vegetasi akan membuat nilai kecerahan yang diterima sensor satelit akan jauh berbeda sehingga dapat digunakan untuk indikator perolehan nilai indeks vegetasi. Perolehan nilai indeks vegetasi pada penelitian ini menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Vegetation Index Differencing* (VIDN). Perolehan nilai indeks vegetasi dengan menggunakan metode NDVI seperti pada Persamaan 2.4.

Terdapat empat nilai indeks vegetasi yang dihasilkan dengan menggunakan metode NDVI pada penelitian ini yakni sebagai berikut :

1. NDVI tahun 2000
2. NDVI tahun 2006
3. NDVI tahun 2011
4. NDVI tahun 2016

Perubahan nilai indeks vegetasi didapat dengan menggunakan metode VIDN seperti pada Persamaan 2.5. Terdapat empat nilai indeks vegetasi yang dihasilkan dengan menggunakan metode VIDN pada penelitian ini yakni sebagai berikut:

1. VIDN 1 adalah nilai NDVI tahun 2000 - 2006
2. VIDN 2 adalah nilai NDVI tahun 2006 - 2011
3. VIDN 3 adalah nilai NDVI tahun 2011 - 2016
4. VIDN 4 adalah nilai NDVI tahun 2000 - 2016

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif. Data kuantitatif merupakan suatu data informasi yang berupa simbol angka atau bilangan. Berdasarkan simbol-simbol angka tersebut, perhitungan secara kuantitatif dapat dilakukan untuk menghasilkan suatu kesimpulan yang berlaku umum di dalam suatu parameter. Data kuantitatif pada penelitian ini adalah

berupa nilai reflektansi yang disajikan dalam bentuk citra satelit landsat. Kemudian ada nilai indeks vegetasi NDVI dan VIDN yang didapatkan dari proses pengolahan citra satelit landsat dan nilai luasan pada setiap hasil kelas klasifikasi.

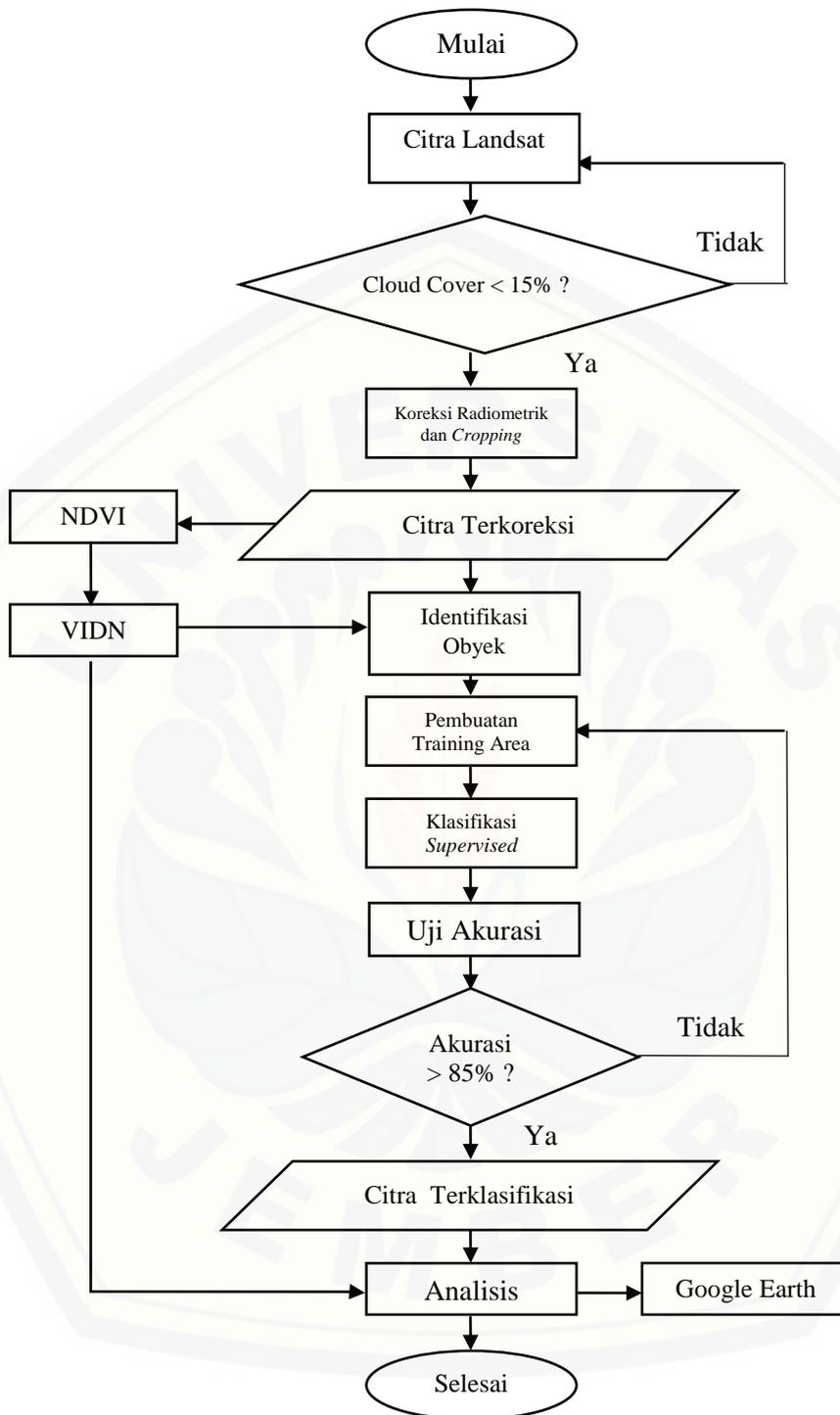
Sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung. Pada penelitian ini, data sekunder diperoleh dari *United States Geological Survey* (USGS) yang berupa data citra satelit landsat.

3.3 Operasional Variabel

Variabel pada penelitian ini ada 3 macam, yakni variabel terikat, variabel bebas dan variabel kontrol. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai indeks vegetasi dan perubahan tutupan lahan serta konversinya. Perubahan tutupan lahan dapat diidentifikasi dengan melakukan klasifikasi terhadap tutupan lahan tersebut. Kelas klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini terdiri dari empat yakni hutan, tambang, pemukiman serta air. Variabel bebas pada penelitian ini adalah data citra satelit landsat pada tahun 2000, 2006, 2011 dan 2016. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah *Google Earth* yang dijadikan acuan untuk membandingkan citra hasil klasifikasi *supervised*.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Kerangka pemecahan masalah pada penelitian ini akan menjelaskan alur dari data citra landsat yang belum diolah sampai menghasilkan informasi nilai indeks vegetasi NDVI, VIDN dan luas perubahan tutupan lahan daerah pertambangan Kota Sawahlunto seperti pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Kerangka Pemecahan Masalah

3.5 Prosedur Penelitian

Pada prosedur penelitian ini akan memuat rincian mengenai tahapan dalam menjalankan penelitian seperti pada Gambar 3.2.

3.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan adalah tahapan yang meliputi perolehan dan pengkoreksian data citra satelit yang akan digunakan pada penelitian.

1. Perolehan Data Citra Landsat

Data citra yang akan digunakan adalah citra landsat untuk Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat dengan path 127 dan row 060 dengan besarnya *cloud cover* kurang dari 15% agar nantinya diperoleh data yang bagus. Path dan row tersebut menunjukkan kode wilayah dari suatu data citra. *Row* merupakan baris yang menunjukkan keberadaan suatu wilayah dari utara ke selatan sedangkan *path* merupakan kolom yang menunjukkan keberadaan suatu wilayah dari barat ke timur. Pemilihan data citra landsat pada penelitian ini dikarenakan data citra landsat memiliki resolusi spasial yang baik yakni 30 meter, resolusi temporal 16 hari dan resolusi spektral yang mencakup banyak panjang gelombang sehingga tepat jika digunakan untuk penelitian ini.

2. Pengkoreksian Data Citra Landsat

Pada penelitian ini pengkoreksian data citra menggunakan metode koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik menghilangkan pengaruh dinamika atmosfer yang terjadi maka dari itu koreksi radiometrik sering disebut juga dengan nama koreksi *Top of Atmosfer (ToA)*. Setelah dilakukan koreksi radiometrik maka dilakukan pemotongan citra atau *cropping* citra untuk daerah pertambangan Kota Sawahlunto. Pada penelitian ini proses koreksi radiometrik menggunakan *software* Quantum GIS (QGIS). QGIS merupakan suatu *software open source* pengolahan data berbasis Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System/GIS*). SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis.

3.5.2 Tahap Pengolahan

Tahap pengolahan pada citra landsat ini terdiri dari tiga yakni klasifikasi, perhitungan nilai indeks vegetasi NDVI dan VIDN.

1. Klasifikasi

Tahap selanjutnya setelah adalah melakukan suatu klasifikasi terhadap perubahan tutupan lahan daerah tersebut. Metode klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode klasifikasi *supervised*. Metode klasifikasi *supervised* mengidentifikasi secara spesifik dari lokasi atau daerah yang telah diketahui tipe penutupan lahannya dan akan ditetapkan sebagai training area. Pada tahap klasifikasi ini hal pertama yang harus dilakukan adalah melakukan segmentasi multiresolusi yang bertujuan untuk membuat polygon area atau *sample*. Polygon tersebut kemudian bisa dijadikan training area dalam proses klasifikasi. Proses pembuatan polygon area sebagai training area dengan menggunakan *software* ENVI dan pembuatan peta tutupan lahan menggunakan *software* ArcGIS.

2. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Perhitungan indeks vegetasi dimulai dengan menerapkan rumus NDVI pada masing-masing citra. Untuk memperoleh nilai NDVI maka harus disediakan dua data citra landsat dengan *path* dan *row* yang sama tetapi beda waktu. Setiap data citra satelit landsat tersebut diambil band *red* dan band *near infrared*. Pada landsat 5 band *near infrared* terletak di band nomor 4 dan band *red* terletak di band nomor 3. Sedangkan pada landsat 8 band *near infrared* terletak di band nomor 5 dan band *red* terletak di band nomor 4. Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai NDVI suatu data citra satelit landsat diolah dengan menggunakan *software* QGIS dan pembuatan peta menggunakan *software* ArcGIS.

3. *Vegetation Index Differencing* (VIDN)

Setelah masing-masing data citra landsat tersebut diperoleh nilai NDVI maka tahap selanjutnya adalah mencari nilai VIDN. Nilai VIDN merupakan nilai yang diperoleh dari pengurangan nilai NDVI dua waktu yang berbeda. Nilai VIDN digunakan untuk analisis perubahan. Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai

VIDN suatu data citra satelit landsat diolah dengan menggunakan *software* QGIS dan pembuatan peta menggunakan *software* ArcGIS.

3.6 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini meliputi perubahan tutupan lahan, pengujian akurasi hasil klasifikasi *supervised*, analisis keadaan vegetasi atau tingkat kehijauan yang ada di daerah pertambangan Kota Sawahlunto.

3.6.1 Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan dapat diketahui dengan cara membandingkan hasil klasifikasi yang berbeda tahun. Pada penelitian terdapat empat macam klasifikasi yakni klasifikasi pada tahun 2000, 2006, 2011 dan 2016 yang disajikan dalam bentuk peta. Dari masing-masing hasil klasifikasi tersebut akan terlihat luasan daerah untuk setiap kelas dan disajikan dalam bentuk diagram batang. Luasan inilah yang akan menjadi parameter adanya perubahan tutupan lahan. Terdapat empat kelas klasifikasi yakni hutan, tambang, pemukiman dan air.

3.6.2 Pengujian Akurasi

Overall Accuracy merupakan akurasi klasifikasi keseluruhan dihitung dengan membagi jumlah titik sample diklasifikasikan dengan benar (jumlah dari semua sel diagonal dalam matriks row perhitungan) dengan jumlah total titik sample. Rumusan untuk mencari akurasi klasifikasi keseluruhan adalah sebagai berikut:

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N} 100\% \quad (3.1)$$

keterangan:

OA = *overall accuracy*

N = jumlah total *pixel*

x_{ii} = nilai sel pada baris i dan kolom i

r = jumlah baris atau kolom pada matrik kesalahan

Tabel 3.1 Matriks Kesalahan Klasifikasi

		<i>Ground Truth</i>			
		Tambang	Hutan	Pemukiman	Air
Daerah Uji	Tambang	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
	Hutan	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}
	Pemukiman	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}
	Air	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}

3.6.3 Nilai Indeks Vegetasi

Terdapat dua metode untuk perolehan nilai indeks vegetasi pada penelitian ini yakni metode NDVI dan VIDN. Pada penelitian ini, nilai NDVI pada citra landsat Kota Sawahlunto ada empat yakni nilai NDVI tahun 2000, 2006, 2011 dan 2016. Nilai NDVI berkisar dari -1,0 sampai 1,0 disajikan secara visual berwarna dalam bentuk peta. Masing-masing warna mengidentifikasi nilai NDVI setiap obyek. Apabila suatu data citra landsat diperoleh nilai NDVI mendekati 1,0 maka daerah tersebut terdapat vegetasi yang lebat, sebaliknya jika diperoleh NDVI mendekati -1,0 atau 0 maka daerah tersebut tidak terdapat vegetasi yang lebat.

Nilai indeks vegetasi kedua yang digunakan pada penelitian ini yakni VIDN. VIDN digunakan untuk analisis perubahan, diperoleh dari pengurangan nilai NDVI dua citra yang berbeda tahun. Nilai VIDN berkisar dari -2,0 sampai 2,0 disajikan secara visual berwarna dalam bentuk peta. Masing-masing warna mengidentifikasi nilai VIDN setiap obyek. Terjadinya pengurangan vegetasi merupakan salah satu indikasi terjadinya suatu perubahan tutupan lahan. Terdapat empat nilai VIDN pada penelitian ini sehingga bisa diketahui perubahan yang paling besar terjadi pada tahun berapa.

BAB 5. PENUTUP

Bab terakhir ini membahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang didasarkan pada rumusan masalah serta pemberian saran agar penelitian selanjutnya lebih baik.

5.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016 ditandai dengan perbedaan hasil perhitungan luas setiap klasifikasi. Tahun 2000 luas hutan masih $56.064.600 \text{ m}^2$ sedangkan pada tahun 2016 sudah berkurang menjadi $48.359.700 \text{ m}^2$. Begitu juga dengan luas tambang, tahun 2000 masih $5.637.600 \text{ m}^2$ dan tahun 2016 meningkat menjadi $8.700.300 \text{ m}^2$. Terjadi laju pengurangan lahan hutan dari tahun 2000 sampai 2006 sebesar $126.900 \text{ m}^2/\text{tahun}$, dari tahun 2006 sampai 2011 sebesar $1.051.920 \text{ m}^2/\text{tahun}$, dari tahun 2011 sampai 2016 sebesar $336.780 \text{ m}^2/\text{tahun}$;
2. Tingkat akurasi yang dihasilkan untuk masing-masing klasifikasi dari tahun 2000 sampai 2016 sangatlah baik. Akurasi yang diperoleh untuk klasifikasi tahun 2000 adalah 91,67%; tahun 2006 sebesar 92,48%; tahun 2011 sebesar 93,69% dan tahun 2016 sebesar 93,74%;
3. Tingkat kehijauan vegetasi dapat diidentifikasi dengan melihat hasil analisis nilai maksimum NDVI nya. Tahun 2000 menghasilkan nilai maksimum NDVI sebesar 0.773, tahun 2006 sebesar 0.712, tahun 2011 sebesar 0.674 dan tahun 2016 sebesar 0.561. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai maksimum NDVI dari tahun 2000 sampai 2016 semakin kecil. Artinya bahwa tingkat kehijauan vegetasi yang ada di Kota Sawahlunto dari tahun 2000 sampai 2016 semakin menurun.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan agar penelitian selanjutnya lebih baik adalah pada saat melakukan proses pengambilan training area maka sebaiknya

tidak hanya menggunakan satu kombinasi band RGB. Kombinasi band RGB bisa didapat dari berbagai kombinasi sesuai dengan kebutuhannya. Apabila hanya untuk membedakan antara obyek vegetasi dan non vegetasi dapat menggunakan kombinasi band *near infrared*, *red* dan *green*. Apabila ingin mengetahui luasan setiap obyek yang lebih spesifik maka untuk pemilihan jenis setiap klasifikasi agar lebih banyak jenisnya misalkan jenis perkebunan, jenis sawah, jenis hutan lebat, jenis danau bekas galian, jenis sungai, jenis tambang serta jenis pemukiman.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. Statistik Daerah Sawahlunto 2015. Sawahlunto: Badan Pusat Statistik Sawahlunto.
- Barrett, E.C dan Curtis, L.F. 1983. *Introduction to Environmental Remote Sensing*. London: Chapman and Hall.
- Catur, U., Susanto, Dipo, Y dan Mukhoriyah. 2015. Identifikasi Lahan Tambang Timah Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Maximum Likelihood Pada Citra Landsat 8. *Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh (LAPAN)*: 1-15.
- Chanlett, E.T. 1979. *Environmental Protection*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Curran, P.J. 1985. *Principles of Remote Sensing*. UK: Longman Scientific & Technical.
- Finn, M.P., Reed, M.D, and Yamamoto, K.H. 2013. A Straight Forward Guide for Processing Radiance and Reflectance for EO-1 ALI, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, and ASTER. *Unpublished Report from USGS/Center of Excellence for Geospatial Information Science*.
- Januar dan Indarto. 2011. Application of a Multispectral SPOT Image for Land Use Classification in Sampean Watershed. *Journal Trop Soils* 16(2): 175-181.
- Kurniawan, H. 2012. Memahami Konsep dan Prinsip Gelombang Elektromagnetik. <http://funwithphysics.xtreemhost.com/?emilpage=rencanabelajar.html&i=1>. [Diakses pada 15 Maret 2017].
- Lillesand, T.M dan Kiefer, R.W. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Lindgren, D.T. 1985. *Land Use Planning and Remote Sensing*. Doldrecht: Martinus Nijhoff Publishers.
- Lintz , J.Jr. dan Simonett, D.S. 1976. *Remote Sensing of Environment*. London: Addison-Wesley Publishing Company.
- Mahdi, K. 2014. Pengenalan Penginderaan Jauh dan Teori Dasar Pendukung Pengolahan Citra Digital. *Makalah Diskusi Panel*. Jakarta: LAPAN. 10 Feb 2014.

- Muchlisin, Orbita, Teguh, Gatot, Atriyon dan Siti. 2016. Inventarisasi Tutupan Lahan Menggunakan Satelit Penginderaan Jauh ALOS Dengan Metode Klasifikasi Tetangga Terdekat. *Jurnal Penginderaan Jauh* 7: 62-74.
- Paine, D. 1981. *Aerial Photography and Image Interpretation for Resource Management*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Sabins, F.F. Jr. 1978. *Remote Sensing, Principles and Interpretation*. San Fransisco: W.H. Freeman and Co.
- Sudiana, D. dan Diasmara, E. 2008. Analisa Indeks Vegetasi Menggunakan Data Satelit NOAA/AVHRR dan TERRA/AQUA-MODIS. *Seminar on Intelligent Technology and Its Applications* : 423-428.
- Suits, G.H. 1975. *The Nature of Electromagnetic Radiation, In: Manual of Remote Sensing Vol. 1. Edisi Pertama*. Virginia: R.G. Reeves: ed.-in-chief, American Society of Photogrammetry, Falls Church.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

LAMPIRAN

